

Опубликовано в: **Нелекарственная медицина. – 2006. – №3. – С. 37-42.**

**Автор(ы):** **Гринберг Я.З.**  
ЗАО «ОКБ «Ритм», Таганрог

**Название статьи:** **СКЭНАР: построение, физические механизмы, основы эффективности**

**Ключевые слова:** СКЭНАР-терапия, технические характеристики, физиотерапия, вибрация кожи, высоковольтная импульсная электротерапия

**Аннотация:** В статье дается анализ принципов работы и технические характеристики СКЭНАР-аппаратов, описание физических явлений, сопровождающих их работу, определение основ эффективности СКЭНАР-терапии. Указывается, что с точки зрения физиотерапии, СКЭНАР, генерирующий на электродах электрический сигнал – это импульсная электротерапия. В работе показано, что СКЭНАР-воздействие вызывает дополнительный физический эффект – вибрацию, сопровождающуюся звучанием. Вибрация и звучание связаны с высоким переменным электрическим полем (напряженность более  $10^6$  В/м), действующим совместно с импульсами тока большой амплитуды. Делается вывод, что СКЭНАР-терапию следует считать новым классом электротерапии, которую можно обозначить как Высоковольтная Импульсная ЭлектроТерапия – ВВИЭТ.

## **СКЭНАР: ПОСТРОЕНИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ, ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Направление, которое названо СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза, развивается свыше 25 лет. Врачи и пациенты убедились, что СКЭНАР эффективен для лечения многих патологий, прекрасное средство для оказания скорой помощи (обезболивание, вывод из коматозных состояний, купирование гипертонических кризов), позволяет достигнуть быстрого терапевтического эффекта, хорошо сочетается с другими методами лечения, практически не имеет противопоказаний, прост в обучении и применении.

С точки зрения физиотерапии, СКЭНАР, генерирующий на электродах электрический сигнал, – импульсная электротерапия.

**Цель настоящей статьи** – анализ принципов работы аппаратов, описание физических явлений, сопровождающих их работу, определение основ эффективности СКЭНАР-терапии.

В работе показано, что СКЭНАР-воздействие вызывает дополнительный физический эффект – вибрацию, сопровождающуюся звучанием. Вибрация и звучание связаны с высоким переменным электрическим полем (напряженность более  $10^6$  В/м), действующим совместно с импульсами тока большой амплитуды.

### **Технические характеристики аппаратов СКЭНАР**

Структурная схема аппаратов СКЭНАР включает в себя: генератор импульсов, блок управления, выходной каскад, нагруженный на высокодобротный, чаще автотрансформаторный контур, пассивный и активный электроды, блок формирования пачек импульсов, блок обратной связи и ряд других, которые отличают аппараты друг от друга [1-8]. Практически все современные модели аппаратов имеют процессорное исполнение, соответственно, большинство функций аппаратов реализовано программно. В качестве примера представим две крайние модели аппаратов.

Простейший аппарат ЧЭНС-СКЭНАР исполнение 02 (рис. 1) имеет две частоты: 90 и 60 Гц. Режим воздействия 60 Гц совмещен с амплитудной модуляцией 3:1 (т.е. 3с – воздействие и 1с – пауза) и индивидуально-дозированным воздействием (аппарат автоматически сигнализирует о целесообразности переставить его на другое место).

Индикация режимов производится при помощи светодиодов [9].

В наиболее сложном аппарате СКЭНАР-1-НТ, исполнение 01 (рис. 2) [10] отображение информации производится на графическом LCD экране с подсветкой. В аппарате можно устанавливать:

- частоту воздействующих импульсов от 15 до 350 Гц;
- «качающуюся частоту» от 30 до 120 Гц;
- прерывистые серии импульсов длительностью от 1 до 5 с. с паузой 1 с;
- пять режимов изменения формы воздействующих импульсов (режим «демпфирование»);
- «качающуюся форму импульса» (режим «демпфирование» var);
- режим «интенсивной терапии» (воздействие пачками импульсов с количеством импульсов в пачке от 1 до 8);
- изменение длительности пауз между импульсами в пачке, в том числе устанавливать «качающееся» расстояние между импульсами в пачке (подрежим Z);
- комбинированную модуляцию («раскачка» – swing);
- несколько режимов дозированного по времени высокоамплитудного воздействия (называемые «укус пчелы»);
- режим съема информации для скрининга и проведения электропунктурной диагностики;
- специальные алгоритмы дозированного воздействия.

Эта модель аппарата позволяет осуществлять графическое представление динамики текущей реакции и скорости ее изменения.



Рис. 1. ЧЭНС-СКЭНАР исполнение 02



Рис. 2. Профессиональный аппарат СКЭНАР-1-НТ

Большинство режимов, используемых в аппаратах СКЭНАР, известны в физиотерапии.

Качающаяся частота (частотно-импульсная модуляция) определяет неравномерные во времени, по заданному закону, воздействия.

Прерывистые серии импульсов – амплитудная модуляция по принципу есть/нет. Дозированное по времени высокоамплитудное воздействие («укус пчелы») можно также рассматривать как вариант амплитудной модуляции. Оно используется для реализации определённых методических приемов.

Изменение формы воздействующих импульсов близко к широтно-импульсной модуляции (изменение длительности импульсов). Воздействие пачками импульсов похоже на время-импульсную модуляцию.

Многие из описанных режимов можно комбинировать. Одна из комбинаций – «раскачка» – включает в себя сочетание нескольких режимов: качающуюся частоту, качающуюся форму импульса, качающееся расстояние между импульсами в пачке.

В аппаратах СКЭНАР реализованы специальные алгоритмы дозированного воздействия. Они основаны на том, что в процессе воздействия происходит изменение импеданса (активного и реактивного сопротивления) под электродом (см. ниже). Эти

изменения используются для выдачи рекомендаций по завершению воздействия на данный участок кожи, а также при разработке цифровых методик лечения.

Аналогично проводится скрининг – съем некоторых усредненных параметров сигнала, с определенных участков кожной поверхности. Цель скрининга – выделить зоны, отличающиеся по своим реакциям.

В аппарате СКЭНАР-1-НТ имеются специальные электроды для проведения скрининга по точкам, используемым обычно в электропунктурной диагностике. Это исследовательский режим, предназначенный для специалистов в электропунктуре.

## Воздействующие импульсы

Частота следования импульсов может отличаться у различных аппаратов и лежит в пределах 14-350 Гц. В профессиональных аппаратах, кроме того, используются сложные модуляции (качающаяся частота, «раскачка», воздействие пачками импульсов и др.), описанные выше.

Рассмотрим сам импульс. Эпюра напряжения на электроде до установки его на кожу (электрод аппарата не касается кожи, находится в воздухе) представлена на рис. 3, а варианты эпюры тока при воздействии (электрод аппарата находится на коже) – на рис. 4 (А, В, С).

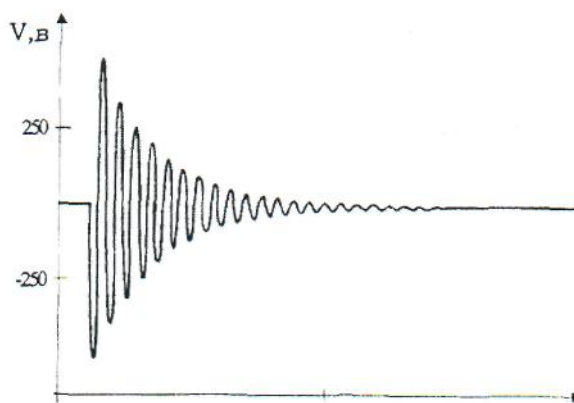
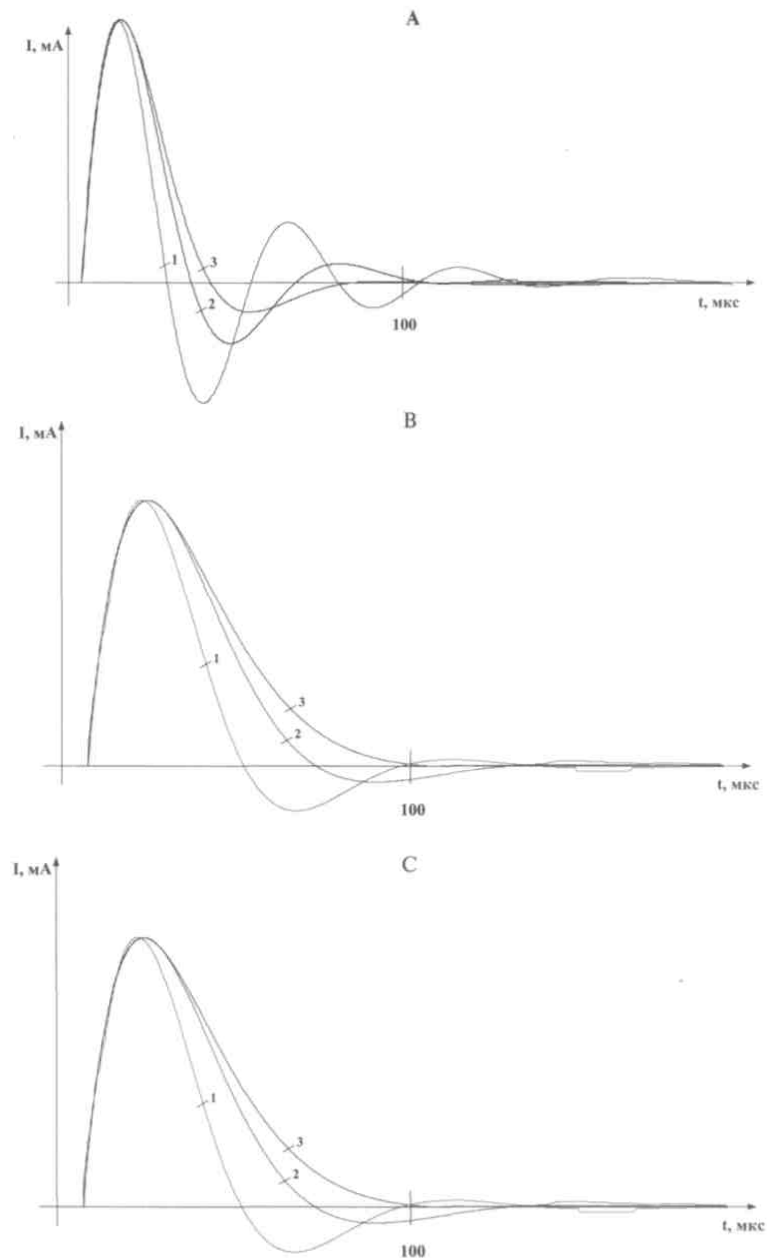


Рис. 3. Эпюра напряжения на электроде до установки на кожу.

Эпюры А, В, С соответствуют различным анатомическим зонам. На рис. 4 – первый сигнал соответствует 13-му импульсу (через 0,22 с); второй – сигнал 60-ому импульсу (через 1 с); третий – 600-му импульсу (через 10 с). Частота следования импульсов – 60 Гц. На эпюрах не показана часть сигнала «накачки».

Итак, форму сигнала можно охарактеризовать как затухающая синусоида, которая меняется от колебательного вида (1, 2 – на рис. 4А. 1 – на рис. 4В и 1-3 – на рис. 4С) до аperiодического (3 на рис. 4В). Из рисунков также следует, что число колебаний сигнала может как сокращаться в процессе терапии (рис. 4А, В), так и увеличиваться (рис. 4С). Обратим внимание на резкое изменение параметров сигнала при установке электрода на кожу (частота затухающих колебаний на рис. 3 порядка 100 кГц, а на рис. 4 – 30-10 кГц) и его изменения в процессе терапии. Именно в связи с отчетливо выраженным влиянием взаимодействия электрод-кожа на изменение формы сигнала появился термин «биологическая обратная связь» (БОС). При аналогичном воздействии на неживой объект изменение импульсов практически отсутствует. Понятно, что СКЭНАР не относится к системам с БОС (Biofeedback), которые ориентированны на быстрое информирование человека о состоянии его физиологических функций с целью их сознательной регуляции.

Сигналы, представленные на рис. 4 имеют длительность первой полуволны в начальный момент 30-50 микросекунд (мкс) и, еще раз подчеркнем, меняются в процессе воздействия (на рис. 4В до 100 мкс). Колебательный процесс может сохраняться до 500 мкс и более. При влажной коже, при потоотделении длительность первой полуволны может достигать в начальный момент 200 мкс и более. При этом динамические изменения менее выражены.



**Рис.4** (А, В, С). Варианты эюр тока при СКЭНАР – воздействии.

- 1 – сигнал через 0.22 сек. (13-й импульс);
- 2 – сигнал через 1 сек. (60-й импульс);
- 3 – сигнал через 10 сек. (600-й импульс).

СКЭНАР с точки зрения электротехники – генератор тока, т. е. источник энергии (источник импульсов), амплитуда тока на выходе которого практически не зависит от нагрузки (рис, 4А, В, С). Амплитуда первой полуволны тока в зависимости от индивидуальной чувствительности пациентов составляет порядка 10-100 миллиампер (мА). Соответственно, плотность тока при СКЭНАР-терапии, учитывая небольшую площадь электрода (площадь центральной части порядка  $2 \text{ см}^2$ ), составляет 5-50 мА/см<sup>2</sup> и превышает таковую, например, при синусоидальных модулированных токах в 50-500 раз. Амплитуда напряжения в момент прикосновения очень высокая по меркам физиотерапии и составляет 200-500 В. В режиме терапии (комфортное воздействие), в зависимости от места воздействия, влажности кожи и индивидуальной чувствительности пациентов, величина напряжения 20-200 В.

Резюмируя можно сказать, что в общем случае СКЭНАР генерирует высокоамплитудный короткий сигнал в виде затухающей синусоиды с частотой следования от 14 до 350 Гц, с возможностью проведения различных модуляций.

### Динамические свойства сигнала

Динамические свойства сигнала являются одной из отличительных особенностей выпускаемых аппаратов [11-14]. Эта особенность, наряду с методическими приемами, связанными с перестановкой и передвижением аппарата в процессе терапии, явилась причиной появления названия ДЭНС (динамическая электронейростимуляция) [15].

Исследования показывают, что вариабельность сигнала определяется двумя процессами: образованием емкости двойного слоя и эффектом действия импульсов тока.

Обратим внимание, что образование емкости двойного слоя, формирующее начальную (быструю) фазу изменения сигнала, представляет собой в первую очередь результат взаимодействия металла (электрода аппарата) с кожей.

Это связано с эффектами, возникающими на границе проводников первого и второго рода [16]. Металл находится в контакте со сложным комплексом водных растворов, включающих целый ряд как неорганических, так и органических электролитов. Возникающая при этом разность потенциалов (двойной электрический слой) на границе металл-раствор, называется электродным потенциалом.

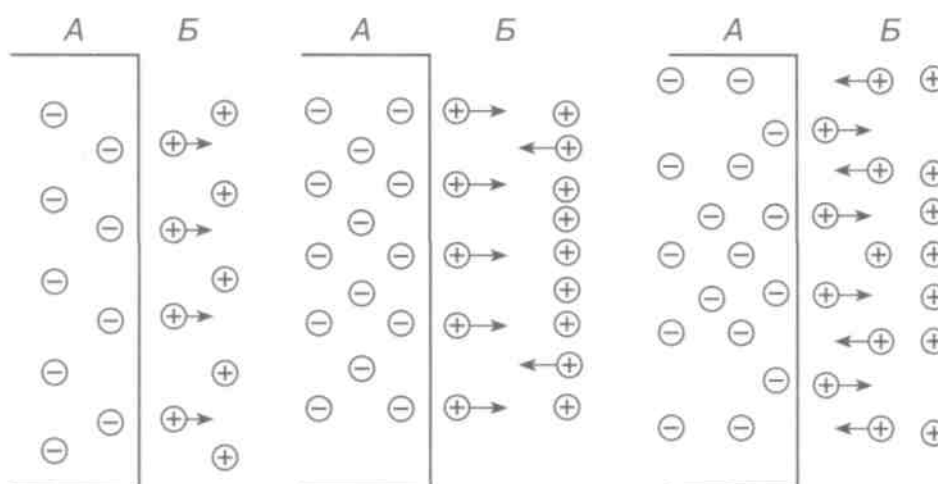


Рис. 5. Этапы образования двойного электрического слоя на электроде

Его эквивалентная схема – параллельное соединение емкости (емкости двойного слоя) и сопротивления [16].

Процесс образования двойного слоя определяется перемещением ионов металла в раствор электролитов и обратным движением подвижных ионов из окружающей электрод жидкости к его поверхности. Его быстрая фаза длится примерно 0,5-1 с.

Далее между электродом и раствором возникают электрохимические реакции, связанные с местным метаболизмом. Это определяет последующую динамику, медленные изменения электродного потенциала и, соответственно, емкости двойного слоя.

При включении аппарата на описанную выше картину накладываются влияния импульсов тока. При сухой коже воздействие тока чаще приводит к уменьшению (укорочению) колебательного процесса (см. рис. 4А, В), а при влажной и в определенных местах – чаще к увеличению количества колебаний (см. рис. 4С). Описание причин такой динамики требует дополнительных исследований.

Расширение воздействующего импульса в процессе процедуры приводит зачастую к ощущению увеличения силы воздействия. Это определяется техническими причинами. Как уже отмечалось, СКЭНАР – генератор тока. Длительность импульсов тока и напряжения в процессе

процедуры увеличивается, амплитуда напряжения уменьшается в момент прикосновения очень быстро, затем, как правило, медленней, чем расширяется импульс. Это приводит к увеличению энергии воздействия (энергия пропорциональна произведению тока на напряжение и времени их действия) и усилению ощущения воздействия в процессе процедуры.

## **Концентрация энергии сигнала**

Это важный вопрос, внимание на котором в электротерапии не акцентировано. В объяснениях эффектов электротерапии путь прохождения тока является немаловажным фактором [17]. Из проведенных нами экспериментов, описанных ниже, следует, что, по крайней мере, при работе сухими электродами принципиальным является место воздействия, а не путь прохождения тока.

В настоящее время при СКЭНАР-терапии используются встроенные коаксиальные электроды, Основной и индифферентный электроды по сути находятся в одной зоне. Будут ли различия в терапии, если эту же зону обработать относительно другого места?

В работе [18] показано, что сопротивление подкожной ткани переменному току (и, конечно, постоянному) для электродов небольшой площади значительно меньше, чем на границе электрод-кожа. Соответственно практически вся энергия воздействия сосредоточена на границе электрод-кожа.

Это подтверждает следующее исследование. К аппарату СКЭНАР подключены два разнесенных электрода площадью порядка 1,5-2 см<sup>2</sup> каждый. Они приложены к следующим зонам:

1. Правая рука: ладонь – тыльная сторона ладони.
2. Левая рука: ладонь – тыльная сторона ладони.
3. Правая рука – ладонь, левая рука – тыльная сторона ладони.
4. Левая рука – ладонь, правая рука – тыльная сторона ладони.

Обратим внимание, что расстояние между электродами (путь прохождения тока) в первом и втором случае составляет порядка 3 см, а в третьем и четвертом – порядка 150 см.

Результаты исследования показали, что амплитуда тока и форма сигнала во всех случаях практически не отличаются друг от друга, т.е. различия между этими показателями при коротком и длинном пути прохождения тока идентичны. Иногда незначительны различия наблюдаются при влажной коже. Следовательно, большая часть энергии воздействия сосредоточена на границах электрод-кожа. Проведенный эксперимент подтверждает известный из литературы факт, что основное сопротивление кожи определяется тонким поверхностным слоем (роговым и блестящим слоями эпидермиса), а приблизительно в области зернистого слоя сопротивление равно нулю [19].

Вопрос заключается в том, что оказывает влияние на процессы, протекающие в организме? Основная энергия, сосредоточенная на тонком слое эпидермиса, или небольшая энергия, сосредоточенная в объемном проводнике большой площади?

Если верно первое, то принципиальным для СКЭНАР-терапии является место воздействия, а не путь прохождения тока.

## **Эффект вибрации (звучания) кожи**

Одним из специфических эффектов, существующих при СКЭНАР-терапии является звук при перемещении аппарата по коже [20-22].

В цитируемых работах показано: источником звука является кожа (звучит зачастую и катушка трансформатора в аппарате). Это новое, ранее не описанное явление, не наблюдаемое (не отмеченное?) в других электростимуляторах и аппаратах для электротерапии.

Исследования показали, что звучание кожи связано с высокоамплитудным воздействием.

Плотность тока при СКЭНАР-терапии превышает таковую, например, при синусоидальных модулированных токах в 150-500 раз (зависит от индивидуальной чувствительности пациентов). Амплитуда напряжения в момент прикосновения – 400-500 В,

В режиме терапии (комфортное воздействие), в зависимости от места воздействия и индивидуальной чувствительности пациентов, величина напряжения 20-200 В. Звучание кожи можно услышать без дополнительных технических средств при амплитуде импульса порядка 50 В.

Итак, высокоамплитудное воздействие определяет основную специфику СКЭНАР-терапии – вибрацию кожи, сопровождающуюся звучанием. Было высказано несколько гипотез, объясняющих этот эффект: пробой рогового слоя эпидермиса, обратный тактильный эффект, непосредственное влияние высокого переменного электрического поля [20-22].

Последняя гипотеза основана на следующем: толщина рогового слоя у взрослых на большей части тела 13-15 мкм. Таков же порядок толщины блестящего слоя [19]. Соответственно, напряженность электрического поля в момент импульсного воздействия превышает  $10^6$  В/м. что приводит к притяжению (отталкиванию) ткани, а её возврат осуществляется за счет собственной упругости. Непосредственное влияние высокого переменного электрического поля может притягивать (отталкивать) и ионы межклеточной жидкости, что передается эпидермису и приводит к вибрации и звучанию.

Для подтверждения эффекта непосредственного влияния высокого переменного электрического поля проделан следующий эксперимент. Электроды аппарата СКЭНАР приложены к телу пациента через тонкую изолирующую пленку (изолировать можно как один из электродов, так и оба). Ток в этом случае практически отсутствует, напряжение на электродах составляет порядка 500 В. Эффект звучания сохраняется. Следовательно, он связан с электрическим полем, а не с током и пробоем (хотя при работе СКЭНАРом по сухой коже иногда можно увидеть искру). Использование высокого электрического поля не ново для физиотерапии. Применяются процедура франклиннизации (постоянное электрическое поле), ультратонотерапия (низкочастотная электротерапия), дарсонвализация (среднечастотная электротерапия) [17]. Не исключено, что при использовании двух последних подходов может возникать эффект вибрации кожи.

На действии пульсирующего электростатического поля основана система «ХИВАМАТ-200» [22] (HIVAMAT-200 это аббревиатура части слов в выражении: *hystologically variable manual lymphdrainage technique* – тканевая подвижная ручная техника лимфодренажа). Поле создается между рукой терапевта или ручным аппликатором и телом пациента. Подлежащие ткани под действием этого поля ритмично перемещаются в темпе заданной частоты, в результате чего возникает т. н. осцилляция мягких тканей с глубоким проникновением и продолжительным эффектом. Указанный эффект усиливается (связывают с физическим эффектом Джонсона-Рабека) при перемещении аппликатора или рук терапевта (в работе [23] отмечено, что смещение толщи подлежащих тканей тела пациента происходит во время импульсов тока только на участках движения рук терапевта).

В соответствии с данными работы [23], возникающие при этом низкочастотные вибрации в тканях оказывают обезболивающее, противоотечное, антиспастическое (детонирующее) и трофико-регенераторное действие, что повышает эффективность приемов ручного массажа и лимфодренажа. Низкочастотные вибрации ускоряют движение интерстициальной жидкости между мышечными слоями, восстанавливают тканевое дыхание как в спазмированных, так и в атрофичных мышцах

Уникальность СКЭНАРа заключается в том, что дополнительные эффекты электростатического пульсирующего поля проявляются на фоне импульсов электрического тока высокой амплитуды. В отличие от воздействия системой «ХИВАМАТ-200», при СКЭНАР-терапии вибрации (звук) проявляются и при стационарном воздействии (не только на участке движения электрода), хотя и в меньшей степени. Соответственно дополнительный эффект определен как высокочастотный массаж (высокочастотный в пределах частоты воздействия импульсов и ее гармоник). Он, видимо, оказывает воздействие на интерстициальную (межклеточную), возможно, и внутриклеточную жидкость (на цитоплазму), стимулирует транспорт жидкости и ее компонентов (продуктов клеточного обмена, нейротрансмиттеров, нейромодуляторов и т. д.). На практике неоднократно

наблюдали ускорение рассасывания отеков прямо на процедуре, устранение застойных явлений, существенное улучшение трофики тканей.

По классификации физических факторов СКЭНАР – это генератор постоянных импульсных токов низкой частоты и импульсного (пульсирующего) электрического поля [24]. Благодаря такому уникальному сочетанию при СКЭНАР-терапии наблюдаются практически все положительные эффекты, присущие электротерапии [25, 26].

СКЭНАР-терапию следует считать новым классом электротерапии [20, 21], которую можно обозначить как Высоковольтная Импульсная Электротерапия – **ВВИЭТ**.

## Литература

1. Захаревич В.Г., Нечушкин А.М., Карасев А.А. и др. Электростимулятор. Патент Российской Федерации № SU 1817335
2. Карасев А.А., Захаревич В.Г., Ревенко А.Н. и др. Устройство для электростимуляции. Патент Российской Федерации № RU 2091089.
3. Карасев А.А. Биоэлектрический регулятор психосоматического гомеостаза. Патент Российской Федерации № RU 2068277
4. Горфинкель Ю.В., Гринберг Я.З., Надточий А.И. и др. Электростимулятор. Патент Российской Федерации № RU 2113249.
5. Гринберг Я.З., Зенкин М.В., Ревенко А.Н. Электростимулятор нейроадаптивный. Патент Российской Федерации № RU 135226.
6. Горфинкель Ю.В., Гринберг Я.З., Надточий А.И. и др. Адаптивный электростимулятор. Патент Российской Федерации № RU 2155614.
7. Карасев А.А. Способ оценки электрофизиологического состояния человека и устройство для его осуществления. Патент Российской Федерации № RU 2161904.
8. Карасев А.А. Электронейроадаптивный стимулятор Патент Российской Федерации № RU 2162353.
9. Двухрежимный ЧЭНС-02-«СКЭНАР». Электростимулятор чрескожный индивидуального дозирования воздействия на рефлекторные зоны. Паспорт. Таганрог, ЗАО «ОКБ «РИТМ».
10. Электронейростимулятор чрескожный с цифровой, графической, световой и звуковой индикацией СКЭНАР-1-НТ, Паспорт. Таганрог, ЗАО «ОКБ «РИТМ».
11. Ревенко А.Н. Адаптационно - адаптивная регуляция (СКЭНАР). Теоретическое и практическое обоснование // СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза: Сб. ст. – Вып. 1. – 1995. – С 16-27.
12. Гринберг Я.З. СКЭНАР-терапия: эффективность с позиции методов электролечения // СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза: Сб. ст. – Вып. 2. – 1996. – С. 18-33.
13. Гринберг Я.З. К вопросу обоснования эффективности СКЭНАР-терапии // СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза: Сб. ст. – Вып. 3. – 1997. – С. 16-22.
14. Гринберг Я.З. Эффективность СКЭНАР-терапии. Физиологические аспекты // СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза: Сб. ст. – Вып. 4. – 1998. – С. 8
15. Мейзеров Е.Е. Динамическая электронейростимуляция в физио- и рефлексотерапии // Рефлексотерапия. – 2003. – №4(7). – С. 20-24.
16. Методы клинической нейрофизиологии. Под ред. В.Б. Гречина. – Л, Наука, 1977.- 356 с.
17. Боголюбов В.М., Понамаренко Г.Н. Общая физиотерапия. – М.: Медицина, 2003. – 2003, – 432 с: ил.
18. Гринберг Я.З. Взаимодействие электрод-кожа в задачах терапии и диагностики // 1-й Российский конгресс «Реабилитационная помощь населению в Российской Федерации»: Сб. науч. тр. – М., 2003. – С. 60-61.
19. Кожа (строение, функция, общая патология и терапия). Под ред. А.М. Чернуха, Е.П. Фролова. – М., Медицина, 1982. – С. 336.
20. Гринберг Я.З. Об одном эффекте СКЭНАР-воздействия // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Мат. научно-технической конференции «Медицинские информационные системы - МИС -2004». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – №6(41). – С. 100-105.



21. Гринберг Я.З. СКЭНАР: факты и гипотезы. // СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза: Сб. ст. Вып. 9-10. – 2004. – С 8-21.
22. Гринберг Я.З. СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза. Некоторые аспекты // Журнал «Рефлексология. -2005.-№ 3(7). – С. 5-10.
23. Применение системы «ХИВАМАТ-200» в клинической практике.: Пособие для врачей. – М., – 2002. – 13 с.
24. Кирьянова В.В. История и перспектива развития физиотерапии // Нелекарственная медицина. Научно-практический журнал. - 2005. – № 1. – С. 4-8
25. Ревенко А.Н. Место СКЭНАР-терапии как технологии в современной медицине // СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза: Сб. ст. – Вып. 4. – 1998. – С. 19-30.
26. Тараканов А.В. СКЭНАР-терапия при неотложных состояниях. Часть 1. Обезболивание. Общие вопросы. – Таганрог: Познание 2005. – 94 с.